

Перевозка контейнеров в два яруса на железных дорогах Индии

В Индии в связи с ожидаемым в ближайшие 15 лет значительным ростом перевозок грузов в контейнерах ведется подготовка к применению технологии их погрузки в два яруса на стандартные вагоны-платформы для транспортирования в электрифицированных коридорах. Между тем (пока в ограниченных масштабах) такие перевозки начаты на некоторых линиях с тепловозной тягой.

Основная задача состоит в том, чтобы организовать перевозку контейнеров в два яруса на стандартных вагонах-платформах в электрифицированных коридорах. Обычно такие перевозки ассоциируются с железными дорогами США, где эта технология применяется применительно к поездам на дизельной тяге более 20 лет. Однако подобный опыт имеется и в других странах мира, и в числе первых последователей США были железные дороги Китая (CR). С целью повышения провозной способности в перегруженных коридорах CR в октябре 2007 г. начали перевозки контейнеров в два яруса на направлении длиной 1318 км между терминалами Дахунмынь (Пекин) и Ямпу (Шанхай), а также в сообщении терминал Хуандао (Циндао) — Чжэнчжоу. В 2007 г. CR отправили 680 поездов с погруженными в два яруса контейнерами и перевезли в них 53 161 условный TEU (в приведении к 6-метровому контейнеру).

В США такие поезда формируются из специализированных вагонов-платформ с пониженным центром тяжести. CR распространили опыт подобных перевозок на электрифицированные линии. Сформирован-

ные из 38 вагонов-платформ поезда обеспечивают большую на 52% провозную способность по сравнению с поездами такой же длины, но с одноярусной погрузкой контейнеров. В Северной Америке увеличение провозной способности достигает 55% благодаря использованию пятисекционных сочлененных платформ, сокращающих непроизводительно используемую длину поезда.

Бум контейнерных перевозок в Индии

На железных дорогах Индии (IR) двухъярусная погрузка особенно актуальна для Западного грузового коридора, где контейнеры формируют основной поток перевозок. В свете экстраординарного роста спроса на контейнерные перевозки метод двухъярусной погрузки представ-

ляется в условиях Индии наиболее оптимальным. Исходя из современной осевой нагрузки для условий перевозки контейнеров в один ярус в ближайшие 15 лет ожидается значительный рост числа контейнерных поездов в коридоре Мумбай — северные районы страны (табл. 1).

Первоначально консалтинговая компания Rites рекомендовала эксплуатировать в грузовом коридоре Мумбай — Дели поезда на дизельной тяге, считая, что габарит под контактной сетью не позволит перевозить груженые в два яруса контейнеры. Однако IR предприняли анализ факторов, препятствующих таким перевозкам по электрифицированным линиям. Оказалось, что самую серьезную проблему представляет соблюдение минимально допустимого по условиям электробезопасности зазора между верхом контейнеров второго яруса и контактным проводом.

Агентство Japan International Co-operation (JICA), которое принимало участие в разработке концепции специализированных грузовых коридоров, предложило ту же схему, что и в Китае, предусматривающую использование поездов из специальных платформ с пониженной грузовой площадкой. В Индии предпочтение отдали варианту использования имеющихся стандартных вагонов-платформ типа VLC, но для этого необходимо увеличить габарит контактной сети и использовать электровозы с токоприемниками большей высоты. Такой вариант привлекательнее с точки зрения лучшего использования провозной способности.

Таблица 1

Динамика числа контейнерных поездов, ежедневно обращающихся на направлении Мумбай — север Индии

Маршрут	Годы			
	2005 – 2006	2011 – 2012*	2016 – 2017*	2021 – 2022*
Мумбай — Дели	12	51	78	102
Дели — Мумбай	15	56	82	109

*Прогноз.

Испытания

Новую технологию планировали реализовать в коридоре Мумбай — Дели, но предварительно провели цикл испытаний с целью подтверждения устойчивости двух ярусов контейнеров на вагонах-платформах. Испытания состоялись 10–11 июня 2008 г. при участии группы специалистов IR и JICA на участке Дхаса — Саваркундла железной дороги Western. Опытный поезд на первом этапе испытаний развивал максимальную скорость 85 км/ч, в ходе последующих пробегов поезд из вагонов типа VLCAM и VLCBM с осевой нагрузкой 22 т достигал скорости 110 км/ч.

В июле того же года были продолжены испытания электровозов со специальными токоприемниками увеличенной высоты.

Контракт на проектирование, поставку оборудования, монтаж, испытания и ввод в эксплуатацию системы с контактным проводом высотой 7450 мм над УГР на испытательном участке был поручен известной в Индии инжиниринговой компании Larson & Toubro. Контактную сеть и токоприемники увеличенной высоты проектировали для испытаний с максимальной скоростью движения до 110 км/ч, но во время испытаний скорость не превышала 70 км/ч из-за действующих на этом участке ограничений скорости по состоянию пути. Результаты испытаний подтвердили возможность организации перевозок контейнеров в два яруса и особые их преимущества на линиях IR широкой (1676 мм) колеи.

Обследование маршрута

Фактически IR приступили к рассмотрению вариантов перевозок контейнеров, погруженных в два яруса, более 10 лет назад. Так, компания Rites провела соответствующее обследование в 2001/02 финансовом году, за которым в 2004 г. по-

следовал отчет компании Sapas. В настоящее время потребность в подобных технологиях стоит еще более остро вследствие недостатка провозной способности в коридоре Мумбай — Дели, где значительный рост спроса на перевозки требует срочного реагирования.

Критической является проблема ускорения вывоза контейнеров из порта Джавахарлал-Неру (штат Махараштра, недалеко от Мумбая) на побережье Аравийского моря, на долю которого приходится 55% контейнеров, проходящих через все индийские порты. Ускорение темпов обработки контейнеров позволит увеличить пропускную способность порта и принимать больше судов-контейнеровозов. Погрузка на платформы в два яруса рассматривается также как путь сокращения числа поездов и удельных затрат на перевозки.

Кроме того, еще в сентябре 2005 г. корпорация Piravay Railway провела детальное обследование маршрута от портов Кандла, Мундра и Пипавав (штат Гуджарат) до Гургаона — крупного промышленного района около Дели. Было выявлено следующее число объектов инфраструктуры, требующих реконструкции исходя из условий перевозки контейнеров в два яруса: 20 автомобильных путепроводов, 31 пешеходный мост, 22 высоковольтные и 24 низковольтные линии электропередачи, 83 линии телеграфной связи и 66 постов централизации. Стоимость выполнения соответствующих работ оценивалась в 500 млн. рупий.

Однако этот объем работ был рассчитан только для маршрута от указанных портов до Канакпура (около Джайпура) и перевозки контейнеров высотой до 2,6 м, которые составляют примерно 76% парка контейнеров, используемых в Индии. Следующий этап реконструкции в расчете на перевозку контейнеров высотой до 2,9 м требует работ еще на семи авто-

мобильных путепроводах и одном железнодорожном мосту и дополнительных инвестиций в размере 140 млн. рупий.

Габариты

Эксплуатируемые IR контейнерные вагоны-платформы колеи 1676 мм имеют высоту пола погрузочной площадки 1009 мм над УГР, тогда как на платформах колеи 1435 мм, используемых в США и Китае, грузовая площадка находится на высоте от 305 до 407 мм. Таким образом, два контейнера высотой 2540 мм на вагонах-контейнерах IR и два контейнера высотой 2896 мм на платформах с пониженной погрузочной площадкой имеют небольшое различие по общей высоте: 6089 и 6199 мм соответственно.

Исходя из этого теоретически возможно ограниченное распространение практики перевозки контейнеров высотой 2540 мм с погрузкой в два яруса без реконструктивных мероприятий на инфраструктуре. Но такое допущение базируется на статических размерах. С учетом динамических перемещений в пределах габарита IR заложены дополнительный зазор 229 мм в вертикальной плоскости, что в совокупности дает необходимую минимальную высоту контактного провода над УГР, равную 6426 мм. Однако возможный разброс величин УГР как следствие изменения уровня балластного слоя обуславливает величину необходимой высоты контактного провода в пределах от 6553 до 6705 мм.

Чтобы приступить к перевозкам по новой технологии до завершения работ в выделенных грузовых коридорах, IR выбрали для пропуска поездов с двухъярусной погрузкой контейнеров из портов штата Гуджарат неэлектрифицированный транспортный коридор. Он на 200 км короче, чем маршрут по электрифицированной линии Де-

Таблица 2

Расстояние между портами штата Гуджарат и Гургаоном по разным маршрутам, км

Маршрут	От порта Кандла	От порта Мундра	От порта Пипавав
Вирамгам — Пхулера — Джайпур	1144	1198	1233
Вирамгам — Пхулера — Рингас	1079	1134	1168
Бхилди — Паланпур — Рингас	1015	1070	—
Бхилди — Самадари — Джодхпур — Рингас	1094	1149	—
Вирамгам — Марвар — Луни — Джодхпур — Пхулера — Рингас	1221	1276	1311

ли — Мумбай, и дает грузоотправителям экономию порядка 40 дол. США на перевозку одного контейнера. В этот коридор входит линия длиной 897 км Вирамгам — Марвар — Гургаон, являющаяся общей для всех трех портов штата Гуджарат; участок длиной 235 км Вирамгам — Гандхидхам ведет к портам Мундра и Кандла, участок длиной 336 км Вирамгам — Сурендранагар — Пипавав используется только для перевозок в сообщении с данным портом (табл. 2).

Анализ контейнерных потоков между портом Пипавав и терминалами Канакпур (Джайпур), Туглакабад и Дадри (оба — Дели) и Дандхарикалан (Лудхияна) показал, что 86% контейнеров перевозятся в сообщениях именно с этими четырьмя терминалами, из них более половины (52%) приходится на контейнеры длиной 12 м. Анализ грузопотоков по массе контейнеров дал основания для суждения, что 93% импортных и 99% экспортных контейнеров можно перевозить погруженными в два яруса без превышения допустимой осевой нагрузки 21,8 т.

Поскольку на сети IR допустимой является осевая нагрузка 20,3 т, необходимы некоторые ограничения. С их учетом IR начали в марте 2007 г. перевозки между терминалом Канакпур и портами Пипавав и Мундра. На терминале Канакпур контейнеры, прибывающие в поездах с традиционной одноярусной погрузкой из терминалов, находящихся в районе Дели и Лудхияны, сортируют по массе и грузят в два яруса на платформы поездов, следующих в порты, причем на первый ярус ставят более тяжелые единицы, на второй — меньшей массы. Для прибывающих морем контейнеров применяется аналогичная технология. К середине 2009 г. IR планировали продлить перевозки по такой схеме до Гургаона после перешивки линии метровой колеи Пхуле-

ра — Рингас — Ревари на широкую колею и завершения дополнительных работ по увеличению габарита.

Безопасность

Для обеспечения безопасности IR активно изучали опыт перевозки контейнеров с двухъярусной погрузкой, накопленный на железных дорогах Северной Америки. В истории таких перевозок зафиксирован ряд происшествий с опрокидыванием контейнеров, особенно в первые 10 лет эксплуатации. Как правило, к ним приводили ошибки в текущем содержании пути или при обслуживании вагонов, сильный ветер и неправильная погрузка контейнеров. С учетом этого опыта были подготовлены жесткие инструкции, регламентирующие правила погрузки, переработки и расстановки контейнеров.

Под контактной сетью увеличенной высоты

В результате проведенных на железных дорогах Индии испытаний подтвердилась техническая осуществимость перевозки контейнеров, погруженных в два яруса, на электрифицированных линиях. На этом основании принято решение об электрификации создаваемых Восточного и Западного специализированных грузовых коридоров на переменном токе 25 кВ, 50 Гц.

Работы на этих коридорах поручены корпорации DFCC.

Новые грузовые коридоры

Восточный коридор включает двухпутную линию длиной 866 км Соннагар (на железной дороге East Central) — Дадри (на железной дороге North Central) и однопутную линию длиной 412 км Кхурджа — Лудхияна (на железной дороге Northern). Грузопоток в коридоре будет формироваться в основном такими массовыми грузами, как уголь, доставляемый из восточных месторождений на тепловые электростанции на севере и западе страны, продукция металлургии и металлообработки, зерно, цемент, минеральные удобрения и известняк, отправляемый из западных районов на металлургические заводы на востоке страны.

Западный коридор включает двухпутную линию длиной 1483 км, проходящую от контейнерного терминала Джавахарлал-Неру в Дадри через Вадодару, Ахмадабад, Паланпур, Пхулера и Ревари. Кроме того, планируется построить однопутный связующий участок длиной 32 км от узла Пиртхала на линии Дели — Матхура до Туглакабада и предусмотреть в Дадри выход на Восточный коридор. Предполагается, что основной объем перевозок в Западном коридоре будет выполняться в контейнерах из портов Джавахарлал-Неру и Мумбай (оба — штат Махараштра) и портов Пипавав, Мундра и Кандла (штат Гуджарат) в направлении терминалов, рас-

Параметры контактной подвески увеличенной высоты для специализированных грузовых коридоров

Высота подвески контактного провода над УГР, мм	7 450
Общая высота контактной сети над УГР, мм	8 650
Тип опор	К-175; К-200; К-250
Высота опор, мм	10 850
Минимальное расстояние от опор до оси пути, мм	2 800
Отжиг контактного провода токоприемником, мм	50
Максимальная длина пролета, м	63
Натяжение контактного провода, кН	1 000
Натяжение несущего троса, кН	1 000
Длина анкерного участка, м	1 500
Зигзаг контактного провода в прямой, мм	150
Зигзаг контактного провода в кривой, мм	250

положенных на севере Индии, таких, как Туглакабад, Дадри и Дандхарикалан. Если в 2005–2006 гг. из указанных портов IR перевезли по обычным линиям 690 тыс. контейнеров в пересчете на TEU, то в 2021–2022 гг. перевозки контейнеров в Западном коридоре прогнозируются в размере 6,2 млн. TEU.

Ожидаемые объемы перевозок предполагают электрификацию обоих коридоров, поскольку в этом случае можно водить поезда меньшим числом локомотивов и за счет более высоких ускорения и скорости обеспечить оптимальное использование пропускной способности линий. В стратегическом плане электрификация позволит сократить зависимость от импортируемых нефтепродуктов и выполнять обязательства по сокращению выбросов двуоксида углерода согласно Киотскому протоколу. IR уже эксплуатируют достаточно протяженную сеть электрифицированных линий: по состоянию на 31 марта 2009 г. она достигала 19 тыс. км. Современные темпы электрификации (порядка 1000 км в год) дают основания считать, что в 2010 г. протяженность таких линий достигнет 20 тыс. км.

Безусловно, наиболее эффективными являются перевозки контейнеров с погрузкой в два яруса. Од-

нако такая технология несовместима со стандартными габаритами контактной сети, в соответствии с которыми минимальная высота контактного провода над УГР равна 5500 мм. Поэтому IR приняли решение о проведении экспериментов по увеличению высоты подвески контактного провода.

Проектные параметры

В 2004 г., когда железные дороги Китая принимали принципиальное решение о новой схеме контейнерных перевозок, чтобы вписаться в существующий габарит контактной сети, они выбрали вариант использования вагонов-платформ с пониженной грузовой площадкой. Железные дороги Индии, напротив, отдали предпочтение перевозкам на обычных платформах с целью более полного использования длины поезда. Однако этот подход требовал увеличения высоты контактной подвески. С этой целью была разработана система подвижной состав — контактная сеть, вписывающаяся в динамический габарит высотой 7100 мм и шириной 3660 мм. После проведения соответствующих исследований был выбран вариант с размещением контактного провода на высоте 7450 мм над УГР.

Поскольку фидерные (подводящие) поезда будут подходить к коридорам по линиям, электрифицированным по традиционной схеме со свойственной ей высотой контактного провода, особого внимания требуют зоны перехода между системами. Градиент подъема контактного провода установлен равным 10 мм/м по условию обеспечения стабильности токосъема без потери контакта между токоприемниками электровозов и контактным проводом. Многие компоненты новой системы подобны применяемым на обычных линиях, но некоторые, например тросы системы автонатяжения и детали креплений, спроектированы специально. Кроме того, проектировщики должны были убедиться, что несущая способность фундаментов достаточна для установки опор большей высоты, конструкция которых была модифицирована. Потребовалось также специально спроектировать оборудование для технического обслуживания контактной сети увеличенного габарита.

Испытательный участок

Проектировала опытный участок администрация Central Organisation for Railway Electrification (RDSO) в г. Аллахабад. Место для него выбрали на действующей линии East Coast. Работы по обустройству выполнили достаточно быстро (за 125 дней), если учесть сезон дождей и небольшую продолжительность окон, выделяемых на строительные работы и собственно испытания. Для мониторинга работы устройств электроснабжения IR использовали измерительный вагон Netra (Network of Electrification, Testing & Recording Apparatus), разработанный RDSO. Вагон регистрирует высоту контактного провода и ее изменения, напряжение в сети, случаи и продолжительность потери контакта и их влияние на качество токосъема.

В первоначальном виде вагон Netra не был приспособлен для из-

мерения и регистрации параметров новой системы, поскольку максимальная высота подъема его токоприемника не превышала 6450 мм. Потребовалась его достаточно непростая модификация. Была демонтирована измерительная система, включая волоконно-оптический кабель, передающий результаты измерений на панель управления в вагоне. Кроме того, необходимо было найти способ поднять токоприемник на 1100 мм, причем с учетом вибраций несущей конструкции при движении вагона. После установки токоприемника на платформе увеличенной высоты смонтировали все измерительные приборы и провели статические испытания. Работы выполнили в депо Кампур. Затем модифицированное оборудование демонтировали, чтобы отправить вагон на место испытаний, где его вновь привели в рабочее состояние.

Новый токоприемник

Токоприемник увеличенной высоты должен работать на линиях как с обычной контактной сетью, так и с увеличенной высотой подвески. RDSO начиная с августа 2007 г. испытывала на электровагонах серии WAG-7 два токоприемника увеличенной высоты для токосъема с контактной сети переменного тока (рисунок). Токоприемники разработала и изготовила компания Stone India, она же провела статические испытания, в том числе в аэродинамической трубе, принадлежащей аэрокосмическому ведомству в Бангалуре.

Конструкция токоприемника, получившего название Omniversal Intellipanto, соответствует требованиям международного стандарта IEC 60494-1. Его наиболее важным элементом является механизм подъема и опускания, в котором используются активаторы и устройства управления с пневматическим приводом, т. е. устройства, требующие автоматического регу-



Электровагоны серии WAG-7, оснащенные токоприемниками увеличенной высоты

лирования. Разработанная конструкция обеспечивает хорошие динамические характеристики токосъема в движении и на стоянке при стандартной и увеличенной высоте подъема токоприемника. Благодаря меньшему числу компонентов токоприемник более надежен в эксплуатации и удобен с точки зрения тех-

нического обслуживания, чем токоприемники обычной конструкции с пружинными механизмами.

В процессе конструирования токоприемника увеличенной высоты потребовалось решить ряд задач, в том числе по выбору размеров опорной конструкции, допускающей замену токоприемников. Ра-

Технические характеристики токоприемника увеличенной высоты	
Крепление	Четырехточечное
Расстояние между узлами крепления, мм	807×1160
Номинальный ток, А	600
Статическая сила прижатия, кг	6,5–8,5
Масса (без изоляторов), кг	198
Максимальная высота подъема над УГР, мм	7700
Рабочий диапазон подъема, мм	100–3500
Максимальная высота в опущенном состоянии, мм	326 ± 5
Материал контактных вставок	Металлизированный углерод
Ширина полоза токоприемника, мм	1800 ± 5
Длина полоза, мм	400 ± 5
Минимальное давление подъема, кг/см ²	5,6
Минимальное давление опускания, кг/см ²	3,6
Максимальное допустимое давление, кг/см ²	10
Время подъема на высоту 3500 мм, с	14
Время опускания с высоты 3500 мм, с	12

бочее давление при перемещении в обоих направлениях на разной высоте подъема, геометрические параметры полоза и вставок также должны обеспечивать эксплуатационную совместимость. Ключевыми были вопросы обеспечения контроля за нахождением токоприемника в установленных пределах при поперечных перемещениях в положении максимального подъема, а также стабильного токосъема и благоприятных аэродинамических характеристик на разной высоте. В то же время надо было соблюсти требование по минимизации массы токоприемника, несмотря на увеличенные размеры.

Испытания

Сначала испытания проводили с одиночными электровозами, затем, с июля 2008 г., в режиме вождения порожних и груженых поездов.

Первый электровоз с токоприемником увеличенной высоты выполнил четыре успешных прохода между станциями Джакхапура, оснащенной стандартной контактной сетью, и Томка, на которой смонтирована система увеличенной высоты. Под новой контактной сетью с контактным проводом высотой 7450 мм поезд прошел 21,9 км, и ни в одном из опытных пробегов не зафиксированы проблемы при движении по переходному участку. Токосъем был надежным — без отрывов токоприемника от контактного провода и почти без искрения. Качество токосъема контролировали с помощью программного обеспечения Olivir-C. Непрерывная регистрация во время пробегов показала отсутствие значительного искрения при движении со скоростью до 70 км/ч, максимальной для испытательного участка.

Данные, зафиксированные с помощью вагона Netra во время испы-

таний, показали, что коэффициент потери контакта составил 3,17%. Для сравнения: на железных дорогах Японии допустима величина этого коэффициента 20%, на железных дорогах Индии — 5%. Не зафиксировано также каких-либо других отклонений во время испытательных пробегов электровозов как одиночных, так и с поездами.

Испытания подтвердили удовлетворительную работу новых токоприемников под контактной сетью обычной и увеличенной высоты. Тем самым конструкция токоприемника признана пригодной для применения в специализированных грузовых коридорах. На основании результатов испытаний IR приняло решение об электрификации Западного коридора на переменном токе 25 кВ, 50 Гц.

R. Dayal et al. Railway Gazette International, 2009, № 5, p. 46–50.



**Журнал «Железные дороги мира»
и издательство «Интекст»**



ПОИСК И ОБОБЩЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

**о зарубежных рынках и инновациях
в области магистрального и промышленного
железнодорожного, а также городского рельсового транспорта**

**для компаний,
выходящих на внешний рынок,
заинтересованных в инновационных решениях,
ищущих поставщиков комплектующих.**

**Обзоры техники для железнодорожного
и городского рельсового транспорта**

Статистическая информация

**Подборки статей и других материалов
по железнодорожной тематике**

**Заинтересованные организации просим обращаться в редакцию журнала «Железные дороги мира»
по телефону (499) 317-55-65 и электронной почте zdm@css-rzd.ru**